



Teledetección Satelital para Aplicaciones Agrícolas

Christopher Hain

5 de mayo de 2020

Esquema de la Capacitación

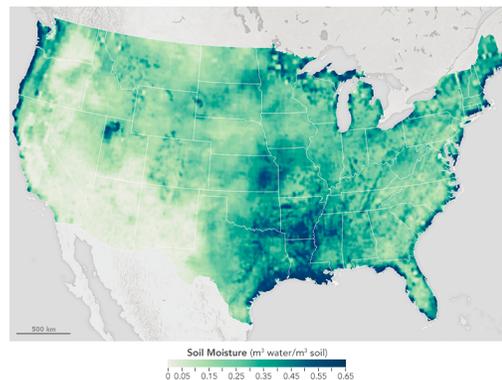
14 de abril de 2020



Panorama de la Teledetección Agrícola

<https://eosps.nasa.gov/content/nasa-earth-observing-system-project-science-office>

21 de abril de 2020



Humedad del Suelo para Aplicaciones Agrícolas

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/87036/soil-moisture-in-the-united-states>

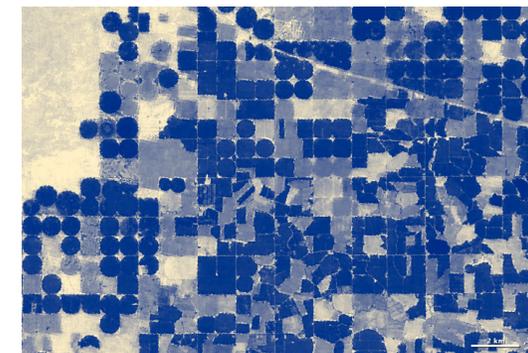
28 de abril de 2020



Observaciones de la Tierra para el Monitoreo Agrícola

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/90095/satellites-eye-winter-cover-crops>

5 de mayo de 2020



Evapotranspiración y el Índice de Estrés Evaporativo para Aplicaciones Agrícolas

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/42428/water-use-on-idahos-snake-river-plain>



Tarea y Certificado

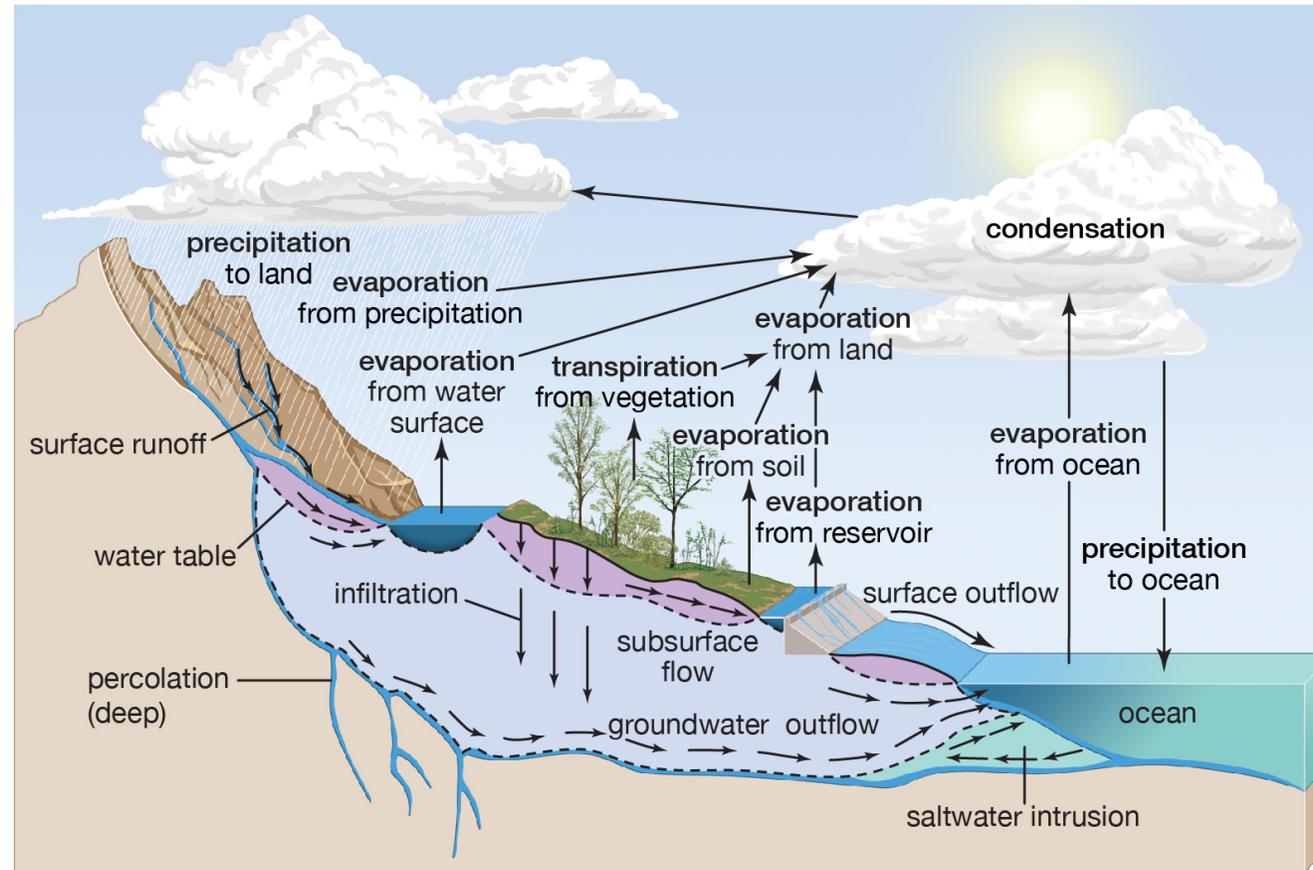
- Las tareas se encuentran en la página web de la capacitación:
<https://arset.gsfc.nasa.gov/water/webinars/remote-sensing-for-agriculture-20>
 - Debe enviar sus respuestas vía Google Form
 - Plazo para la tarea: el **12 de mayo**
- Se otorgará un Certificado de Finalización a quienes:
 - Asistan a todas las sesiones en vivo
 - Completen ambas tareas asignadas
- Recibirá su certificado aproximadamente dos meses después de la conclusión del curso de: marines.martins@ssaihq.com



Evapotranspiración para Aplicaciones Agrícolas

¿Qué es la Evapotranspiración?

- La evapotranspiración es la suma de la evaporación de la superficie del suelo, la evaporación de agua interceptada por el dosel y la transpiración de la vegetación.



soil moisture

groundwater

ocean covers 71 percent of Earth's surface
196,950,000 sq mi (510,000,000 sq km)

© 2015 Encyclopædia Britannica, Inc.



Controles Atmosféricos sobre la Transpiración de las Plantas

La cantidad de agua que las plantas transpiran varía bastante según la geografía y a través del tiempo. Hay varios factores que pueden determinar la tasa de transpiración:

- **Temperatura:** La tasa de transpiración aumenta según sube la temperatura, especialmente durante la temporada de crecimiento cuando el aire es más caliente.
- **Humedad Atmosférica:** Cuando sube la humedad relativa del aire, la tasa de transpiración se disminuye. Es más fácil que el agua se evapore en aire más seco que en aire más saturado.
- **Viento:** Más movimiento del aire alrededor de una planta causará una tasa de evaporación más elevada ya que la turbulencia puede mezclar aire más seco cerca de la superficie de la planta.
- **Humedad del Suelo:** Cuando hay una falta de humedad, puede que las plantas comiencen a volverse senescentes (envejecimiento prematuro, el cual puede ocasionar una pérdida de hojas) y transpirar menos agua.



¿Por qué necesitamos medir la ET para Aplicaciones Agrícolas?

- Gestión del riego
- Monitoreo de sequías y estrés en los cultivos
- Pronósticos de rendimiento
- Control del uso del agua
- Productividad hídrica de los cultivos (cultivos por gota)



¿Cómo medimos la ET?... Sistemas de Observación

Covarianza Turbulenta:

- La forma más directa de medir la evapotranspiración es con la técnica de covarianza turbulenta, en la que las fluctuaciones rápidas de la velocidad vertical del viento se correlacionan con fluctuaciones rápidas en la densidad del vapor de agua atmosférico.



Lisímetro:

- Otro método para medir la evapotranspiración es con un lisímetro. El peso de una columna del suelo se mide continuamente y el cambio en el almacenamiento de agua es modelado por el cambio de peso.



¿Cómo medimos la ET?... Modelos

Sistemas de Asimilación de Datos Terrestres (Land Data Assimilation Systems o LDAS): Los modelos de la superficie de la tierra (LSM por sus siglas en inglés) predicen flujos de energía, agua y momento resolviendo las ecuaciones que gobiernan el medio tierra-atmósfera. Al imponer restricciones, se puede estimar la evapotranspiración mediante LSMs con observaciones de las condiciones en el límite de la atmósfera y los diferentes estados de la superficie de la tierra.

Ventajas:

- Se pueden usar dondequiera que haya datos del forzamiento atmosférico.
- Brindan estimaciones de la ET de alta resolución temporal/ Disponibles en varias resoluciones espaciales.

Desventajas:

- Errores en el forzamiento atmosférico (p. ej., precipitación) afectarán la exactitud de la ET más allá.
- Pueden pasar por un proceso de desviación conocido como “model drift” debido a errores en el forzamiento atmosférico o la física del modelo.



Métodos Satelitales para Estimar la ET

Métodos de Coeficiente de Cultivo/ E_{t_0}

- Se estima la evapotranspiración calculando la ET de referencia (E_{t_0}) de una estación meteorológica y aplicando un coeficiente de cultivo (K_c).
- Un método establecido es el marco del NASA Satellite Irrigation Management Support (SIMS) (Melton et al., 2012).
- SIMS utiliza el NDVI de Landsat para estimar la cobertura fraccional de los cultivos junto con estimaciones de la altura de los cultivos y control de estomas para estimar K_c .
- Las limitaciones de métodos como estos son menor sensibilidad a reducciones transitorias de la ET debido a déficits de irrigación intermitentes o aumentos de ET de superficies desnudas en el suelo poco después de eventos de precipitación.



Métodos Satelitales para Estimar la ET

Métodos que utilizan el Balance Energético

- Estos métodos de estimar la ET se basan en la teoría detrás del modelo del balance energético en la superficie, donde la energía disponible de radiación onda corta y onda larga en la superficie es equilibrada por flujos del calentamiento superficial (p. ej., flujo de calor sensible) y el intercambio de vapor de agua (p. ej. flujo de calor latente).
- Los modelos del balance energético se pueden dividir en dos categorías:
 - (1) Modelos del balance energético de fuente única, en las que la vegetación y el suelo se analizan en un presupuesto energético combinado.
 - (2) Modelos del balance energético de dos fuentes, en las que los presupuestos energéticos de la vegetación el suelo se analizan por separado.



Métodos Satelitales para Estimar la ET

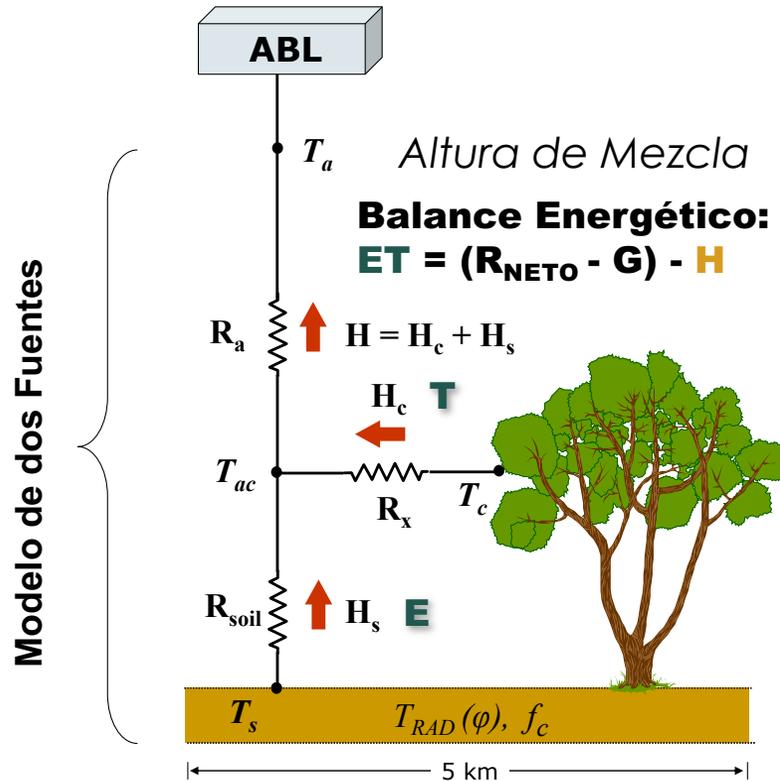
Métodos que utilizan el Balance Energético

Ejemplos de estos métodos incluyen:

- (1) Algoritmo del Balance Energético Superficial para la Tierra (Surface Energy Balance Algorithm for Land o SEBAL; Bastiaanssen et al. 1998)
- (2) Sistema de Balance Energético Superficial (Surface Energy Balance System o SEBS; Su 2002)
- (3) Mapeando la ET en Resolución Alta con Calibración Internalizada (Mapping Evapotranspiration at High Resolution with Internalized Calibration o METRIC; Allen et al. 2007)
- (4) Balance Energético Superficial Operativo Simplificado (Operational Simplified Surface Energy Balance o SSEBop; Senay et al. 2007, 2013)
- (5) Modelo Invertido del Intercambio Atmósfera-Tierra (Atmosphere-Land Exchange Inverse o ALEXI) y DisALEXI (Anderson et al. 1997)

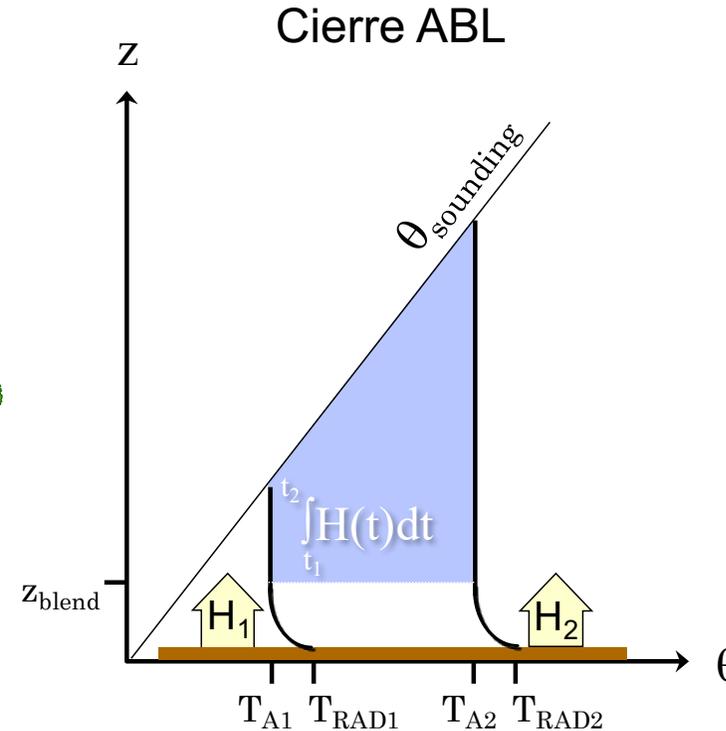


ALEXI: Modelo Invertido del Intercambio Atmósfera-Tierra



ALEXI

(Modelo Invertido del Intercambio Atmósfera-Tierra)



Escala Regional

Temperatura de la Superficie:
 Temperatura del Aire:

ΔT_{RAD} - Geoestacionario
 T_a - ABL Modelo



ALEXI: Modelo Invertido del Intercambio Atmósfera-Tierra

PRECIPITACIÓN



MÉTODO DE BALANCE HÍDRICO

(Modelación de Pronósticos)

NASA's Applied Remote Sensing Training Program

TEMPERATURA SUPERFICIAL



Considerando las entradas de energía radiativa, ¿cuánta pérdida de agua se requiere para mantener el suelo y la vegetación a las temperaturas observadas?

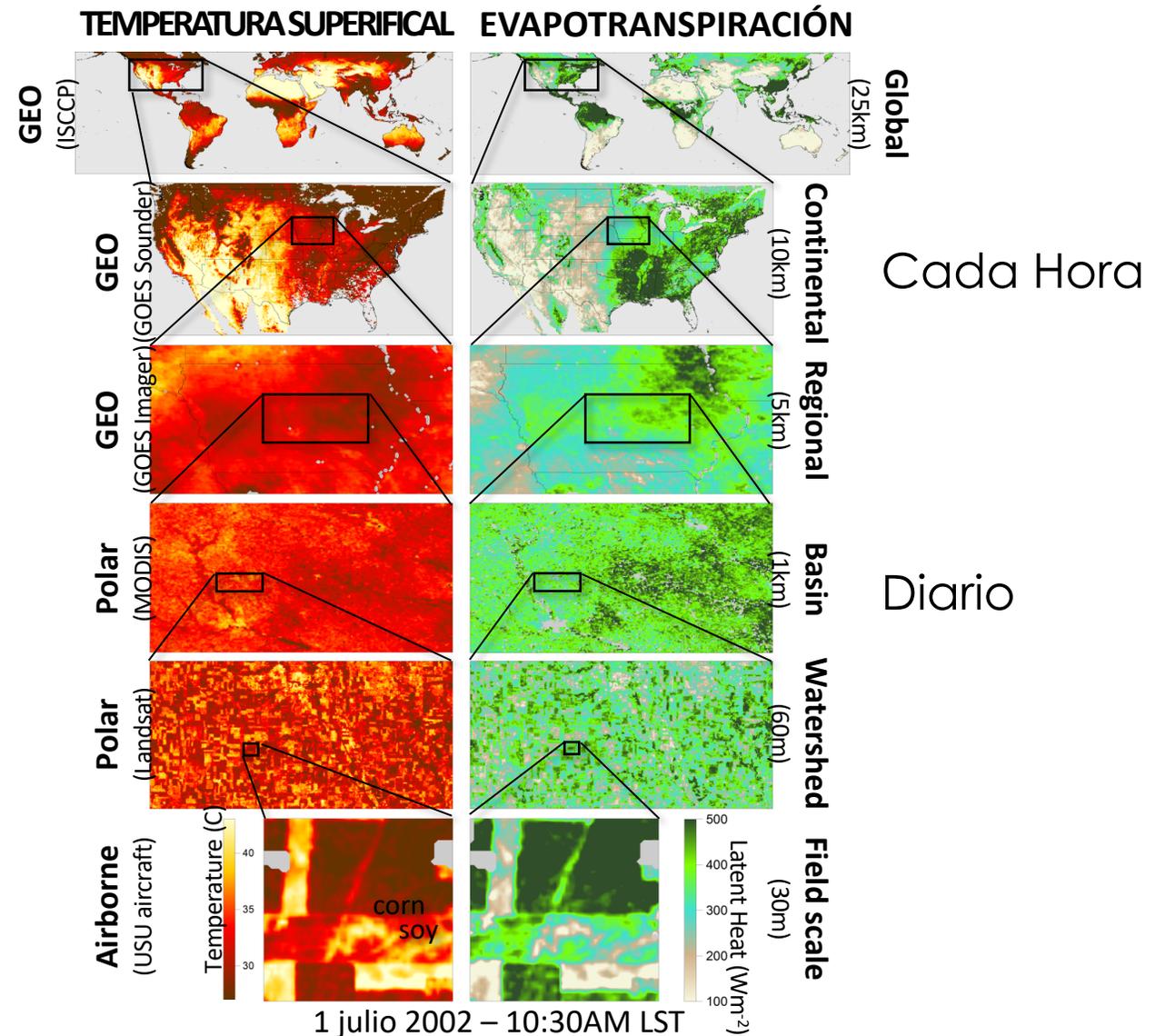
MÉTODO DE BALANCE ENERGÉTICO

(Modelación Diagnóstico)



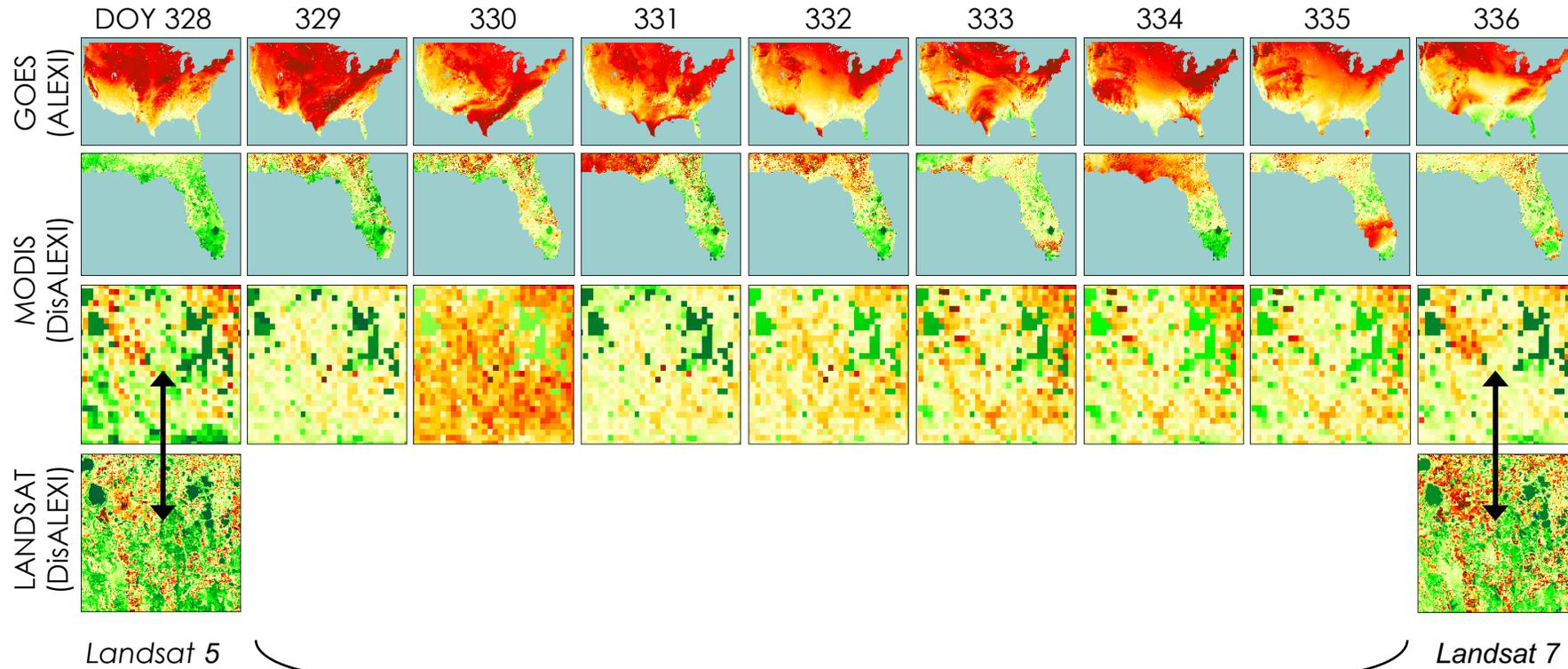
ALEXI: Modelo Invertido del Intercambio Atmósfera-Tierra

MAPEO DE LA ET MULTI-SENSOR/MULTI- ESCALA



Integración de la LST* de Resolución Mediana a ALEXI/DisALEXI

Evapotranspiración Diaria – Orlando, Florida, 2002



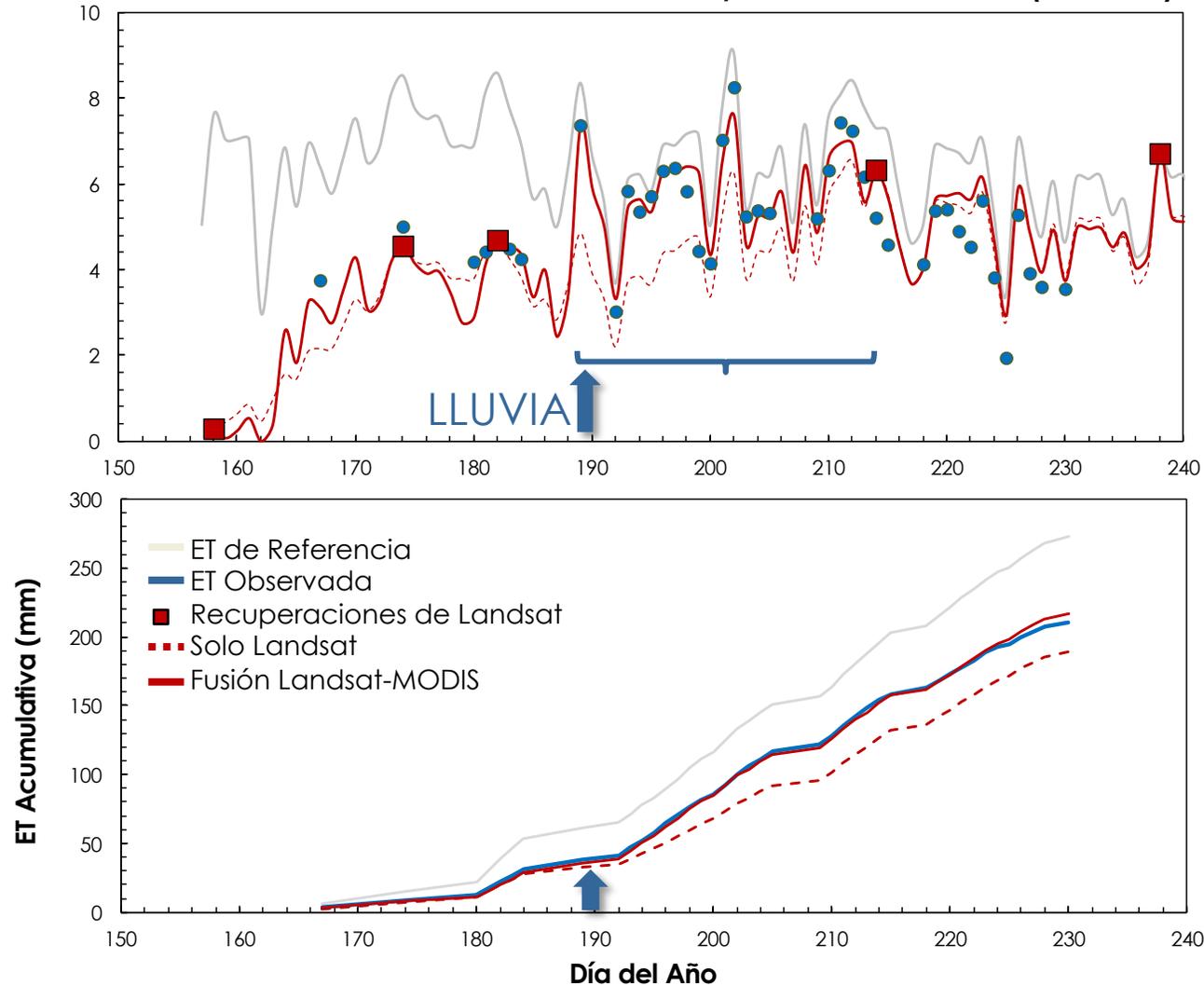
Modelo “Spatial Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model” (STARFM)

* LST: Land Surface Temperature, Temperatura de la Superficie Terrestre en inglés



Integración de la LST* de Resolución Mediana a ALEXI/DisALEXI

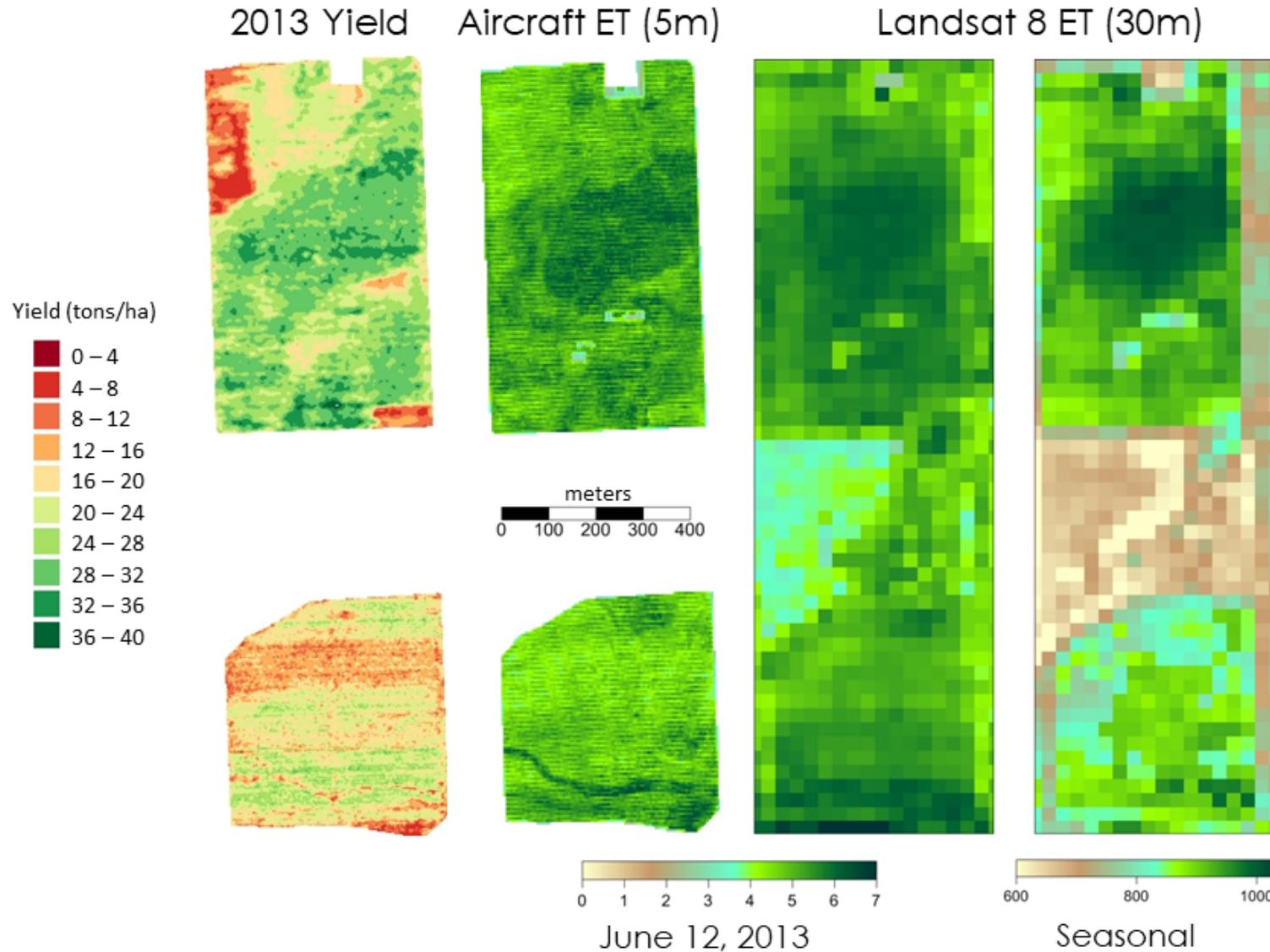
Cultivo Pluvial de Soya – SMEX02 (Iowa)



* LST: Land Surface Temperature, Temperatura de la Superficie Terrestre en inglés
NASA's Applied Remote Sensing Training Program



ALEXI- Variabilidad de la ET en un Mismo Campo



Caso de Estudio para la Producción Vitícola en el Valle Central

GRAPE REMOTE SENSING ATMOSPHERIC PROFILE AND EVAPOTRANSPIRATION EXPERIMENT* (GRAPEX)



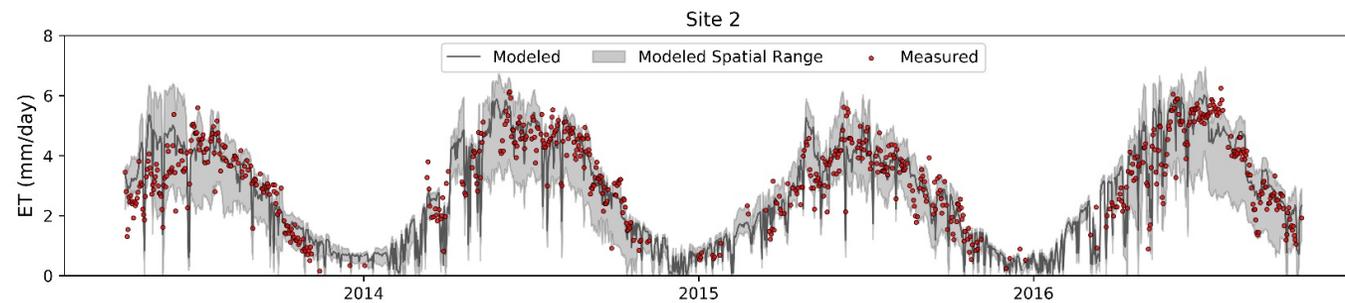
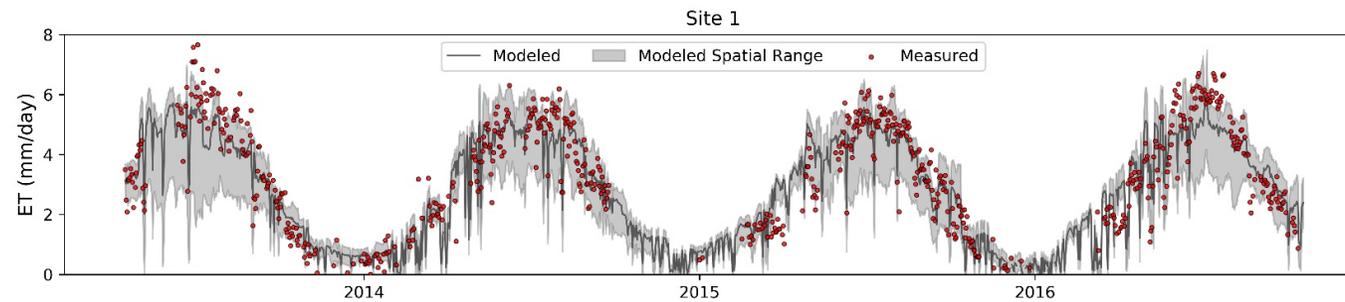
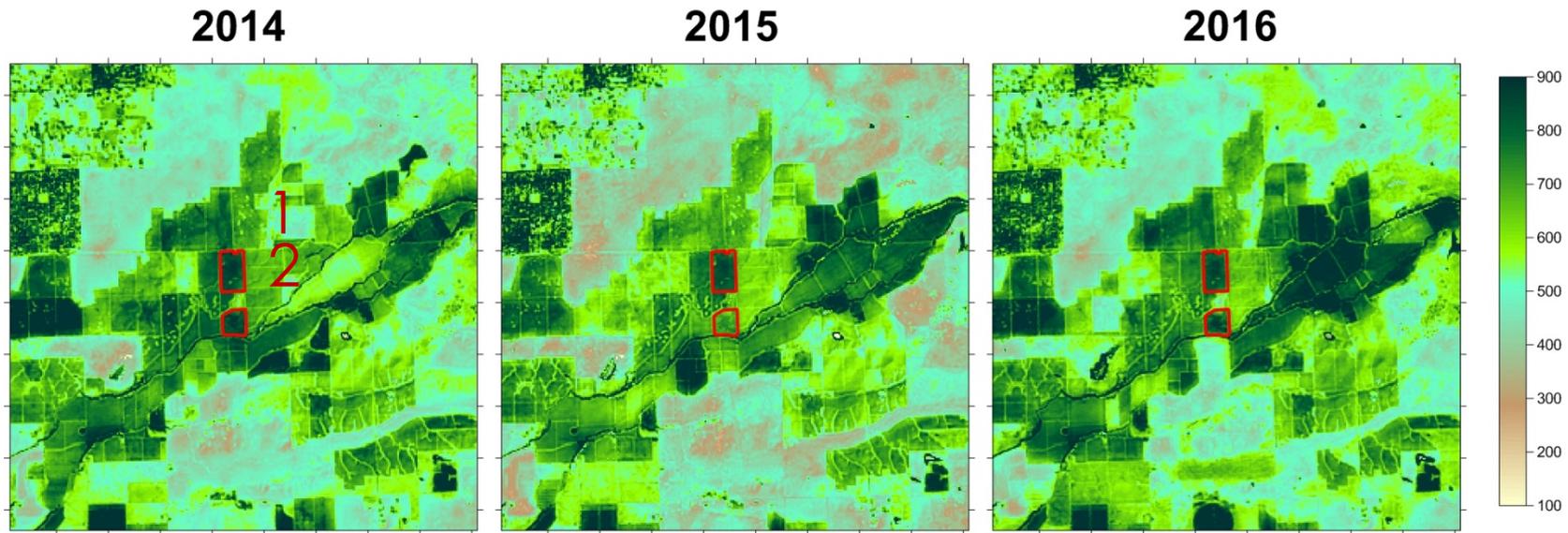
2013 - Presente



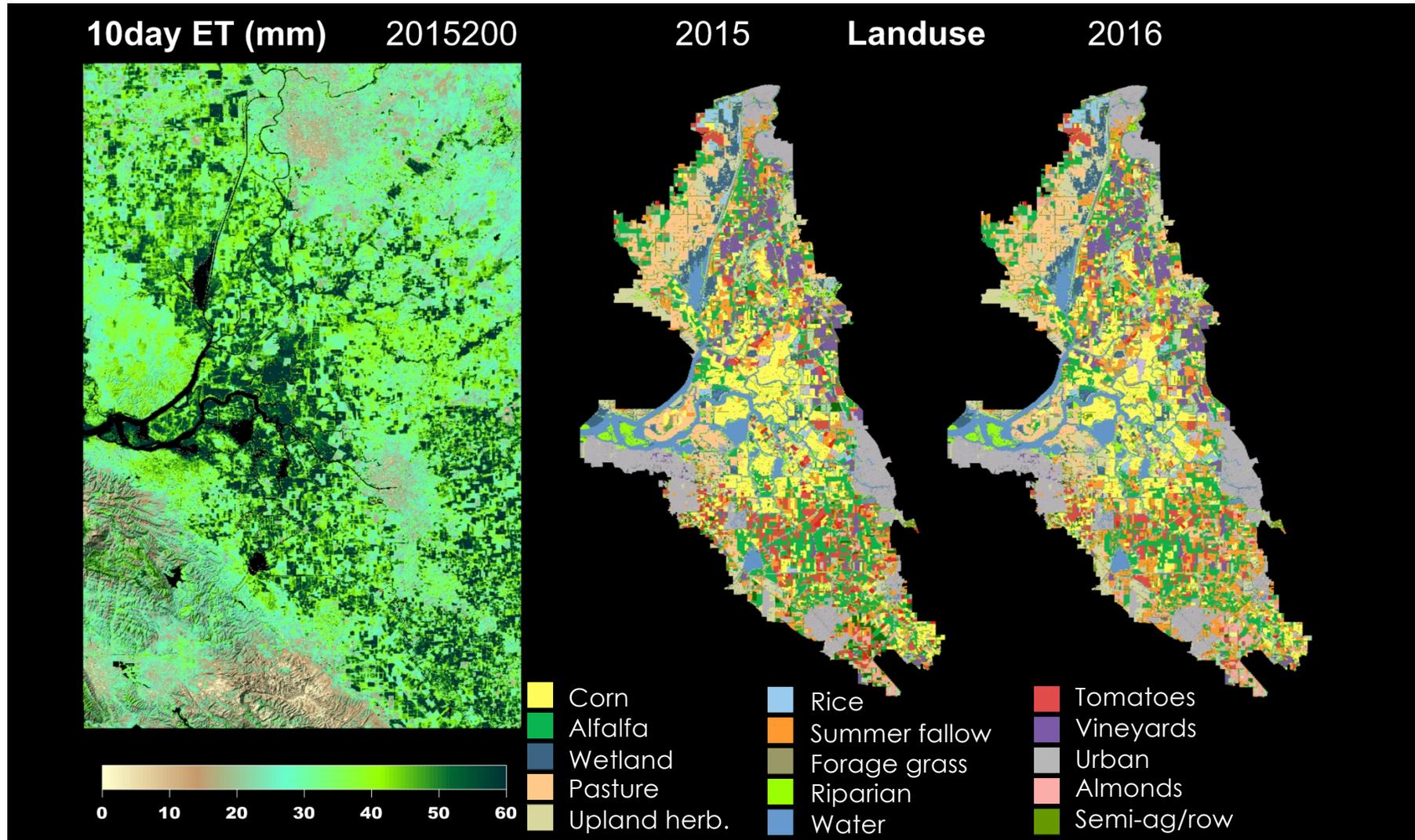
* Experimento de Perfil Atmosférico y Evapotranspiración por Teledetección para Uvas



Caso de Estudio para la Producción Vitícola en el Valle Central

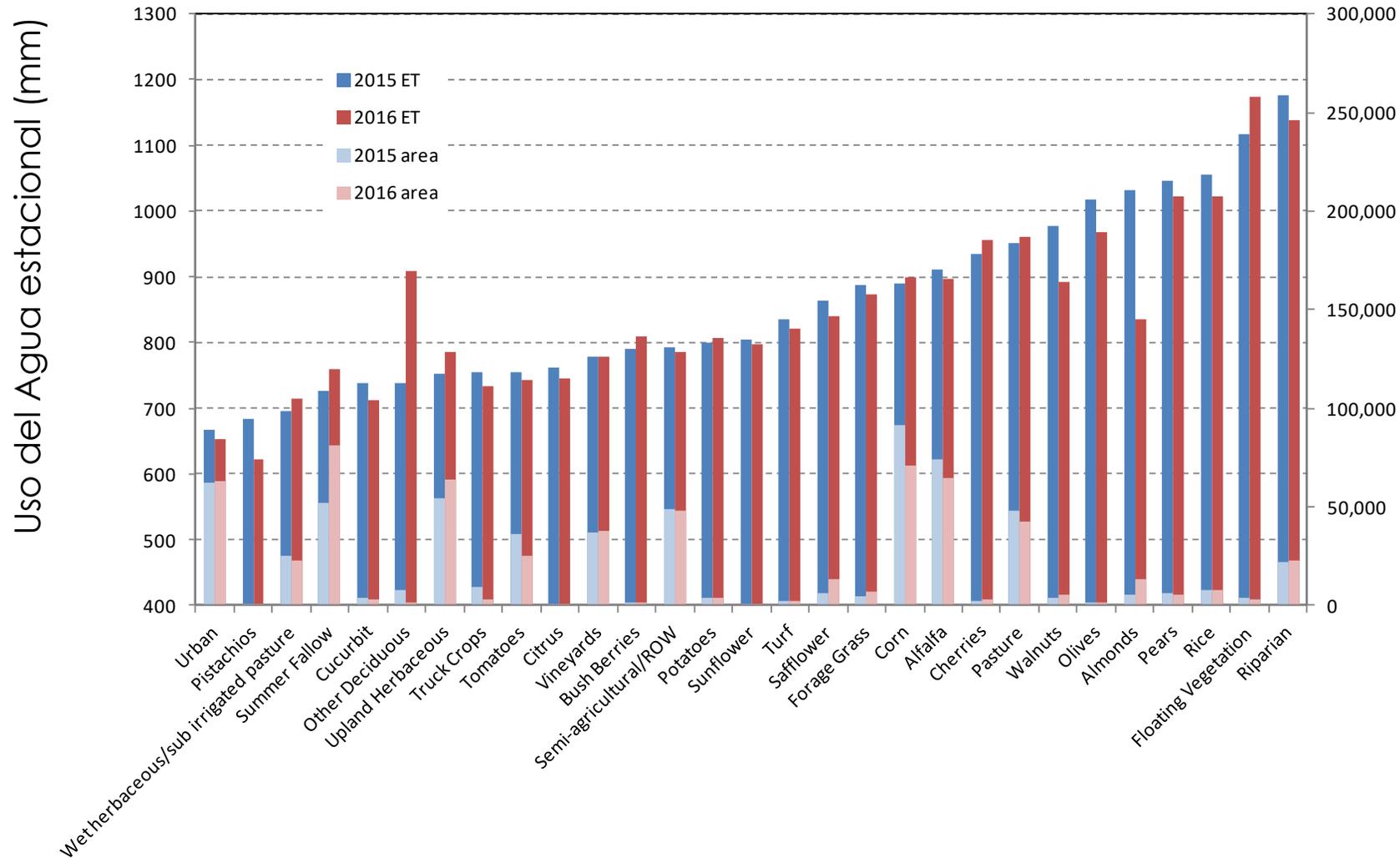


Caso de Estudio de Contabilidad del Agua con ALEXI



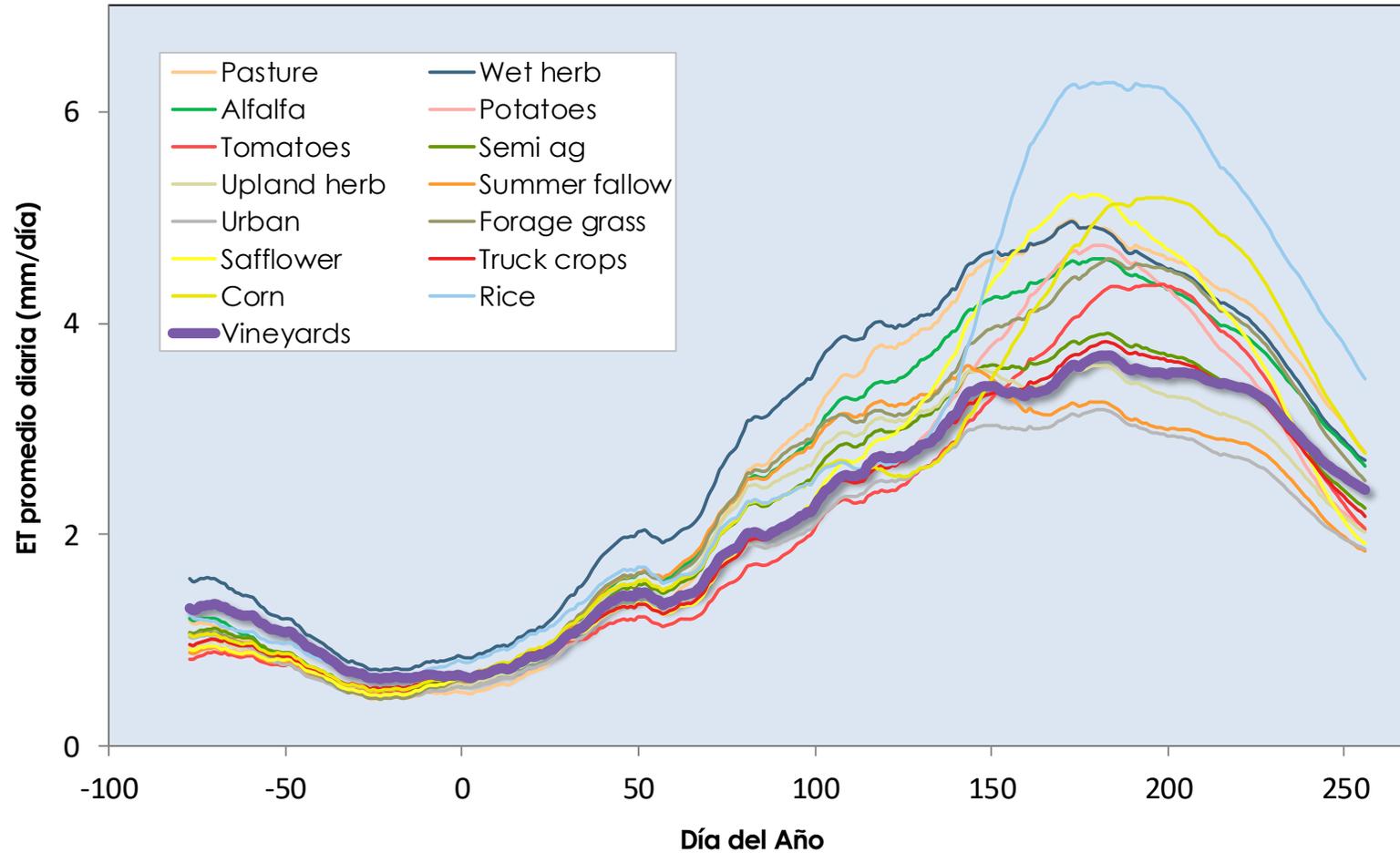
Caso de Estudio de Contabilidad del Agua con ALEXI

Uso del Agua (Por Unidad de Área) según el Uso del Suelo



Caso de Estudio de Contabilidad del Agua con ALEXI

Curvas Características del Uso del Agua



Integración de la LST* de Microondas a ALEXI

- La sinergia entre las observaciones infrarrojas térmicas (Thermal Infrared o TIR) de Microondas (Microwave o MW) se está explotando aún más con el desarrollo de observaciones de la Temperatura de la Superficie Terrestre (Land Surface Temperature o LST) en base a observaciones de microondas (banda-Ka).
- La integración de la LST basada en microondas a un sistema ALEXI TIR/MW permitirá la recuperación de flujos superficiales bajo la cobertura nubosa (donde no son posibles las recuperaciones solo por TIR).
- Esta capacidad llena un vacío significativo en un sistema únicamente TIR sobre regiones tropicales ecuatoriales donde puede que las recuperaciones con el cielo despejado sean posibles solo entre una y tres veces al mes, sobre todo en tiempo de lluvia.

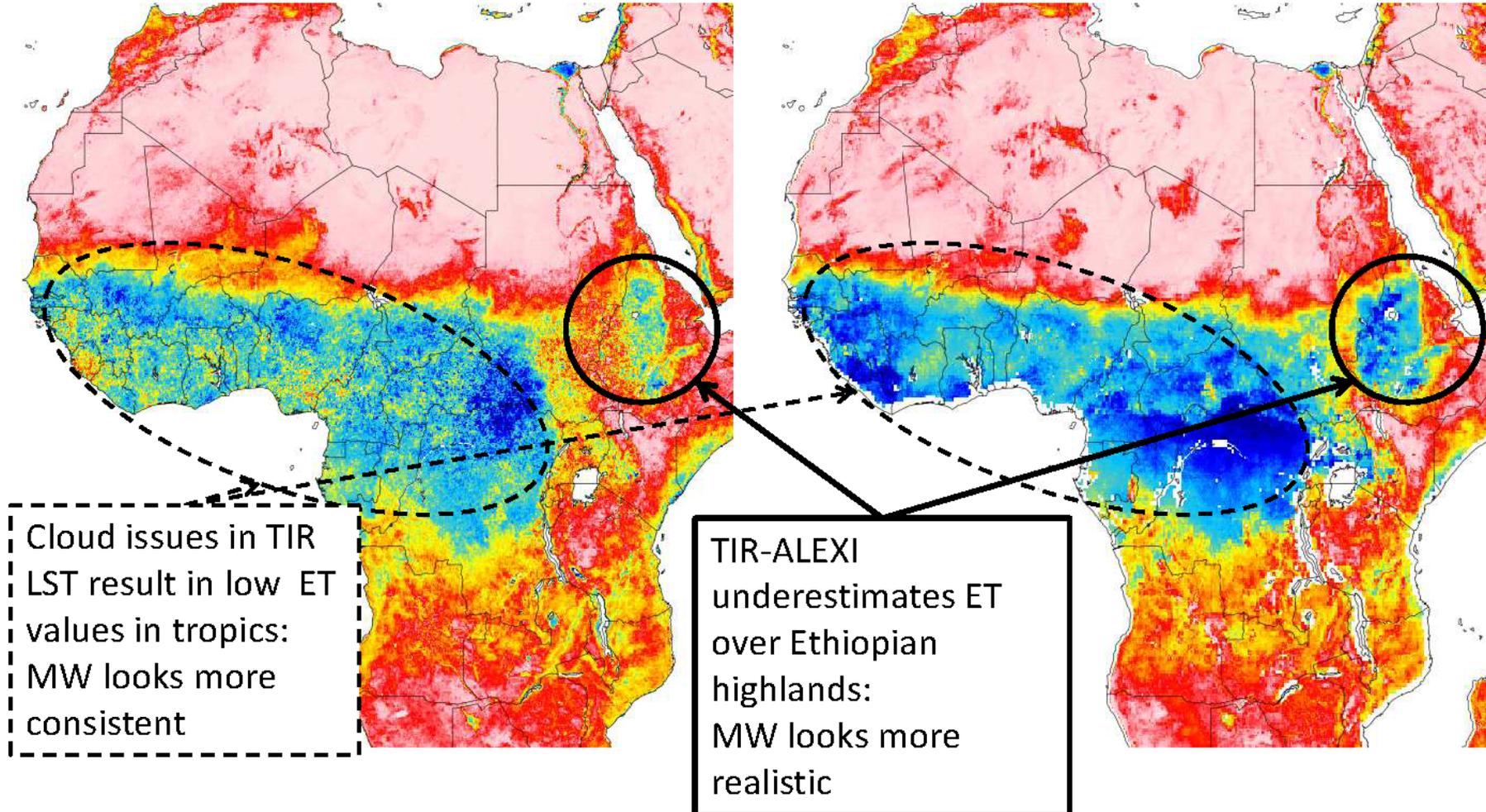
* LST: Land Surface Temperature, Temperatura de la Superficie Terrestre en inglés



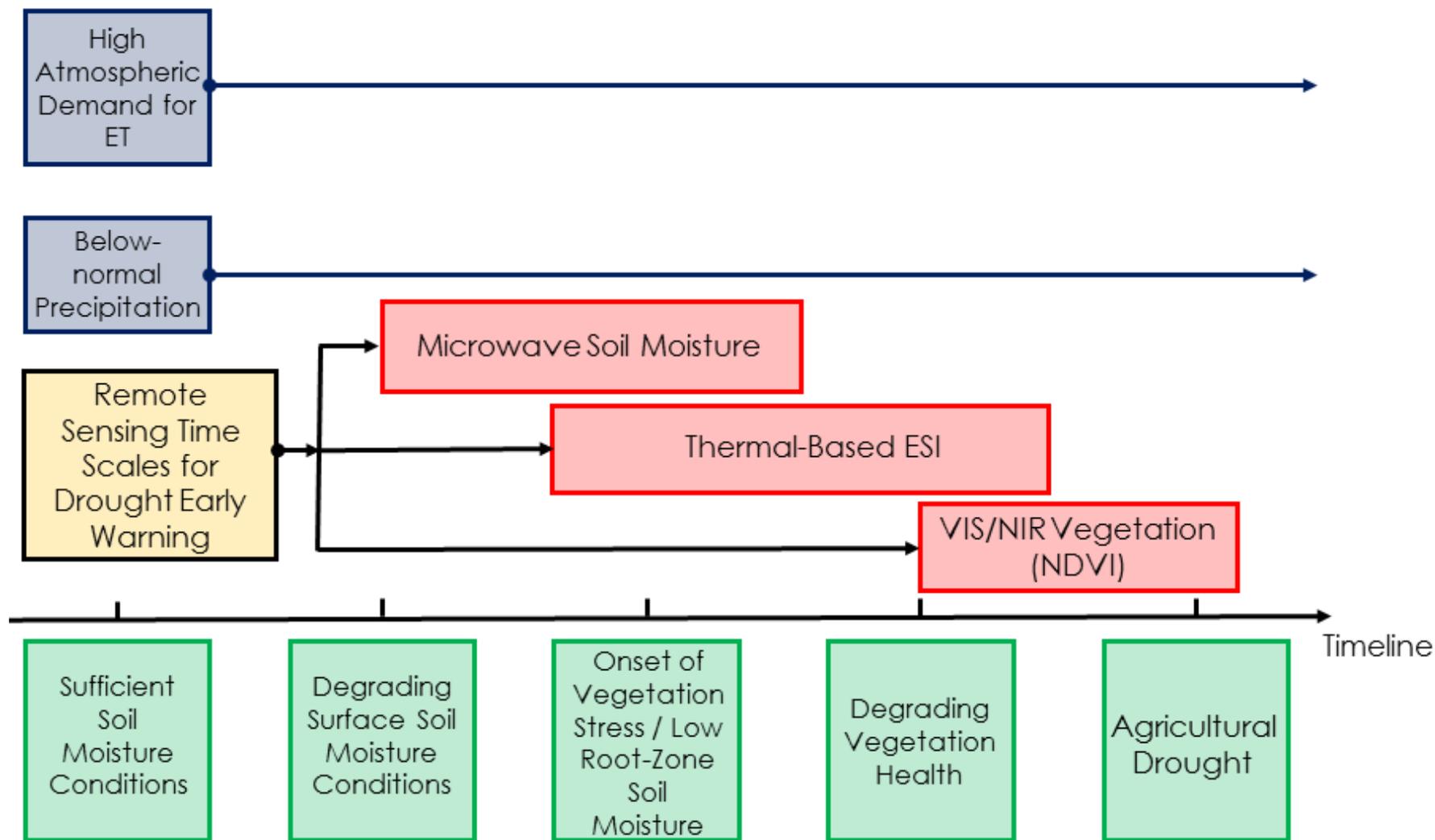
Integración de la LST de Microondas a ALEXI

TIR-ALEXI

MW-ALEXI



Evolución de la Sequía Agrícola



Evaporative Drought Demand Index* (EDDI)

<https://www.esrl.noaa.gov/psd/eddi/>

- EDDI aprovecha la relación física estrecha entre la demanda evaporativa y la pérdida real de agua de la superficie terrestre mediante la ET.
- La demanda evaporativa puede explicarse como la “sed de la atmósfera”, se estima según la cantidad de agua que evaporaría de la superficie de la tierra bajo condiciones bien húmedas.
- EDDI mide la señal del potencial de sequía en el futuro utilizando información sobre las condiciones de rápida evolución (p. ej. en escala temporal diaria) de la atmósfera para estimar el impacto “potencial” en la superficie de la tierra.
- EDDI no tiene ningún vínculo físico con la superficie de la tierra, así que solo puede mostrar la “potencialidad” del desarrollo de sequía y no puede mostrar condiciones de sequía reales en aislamiento.

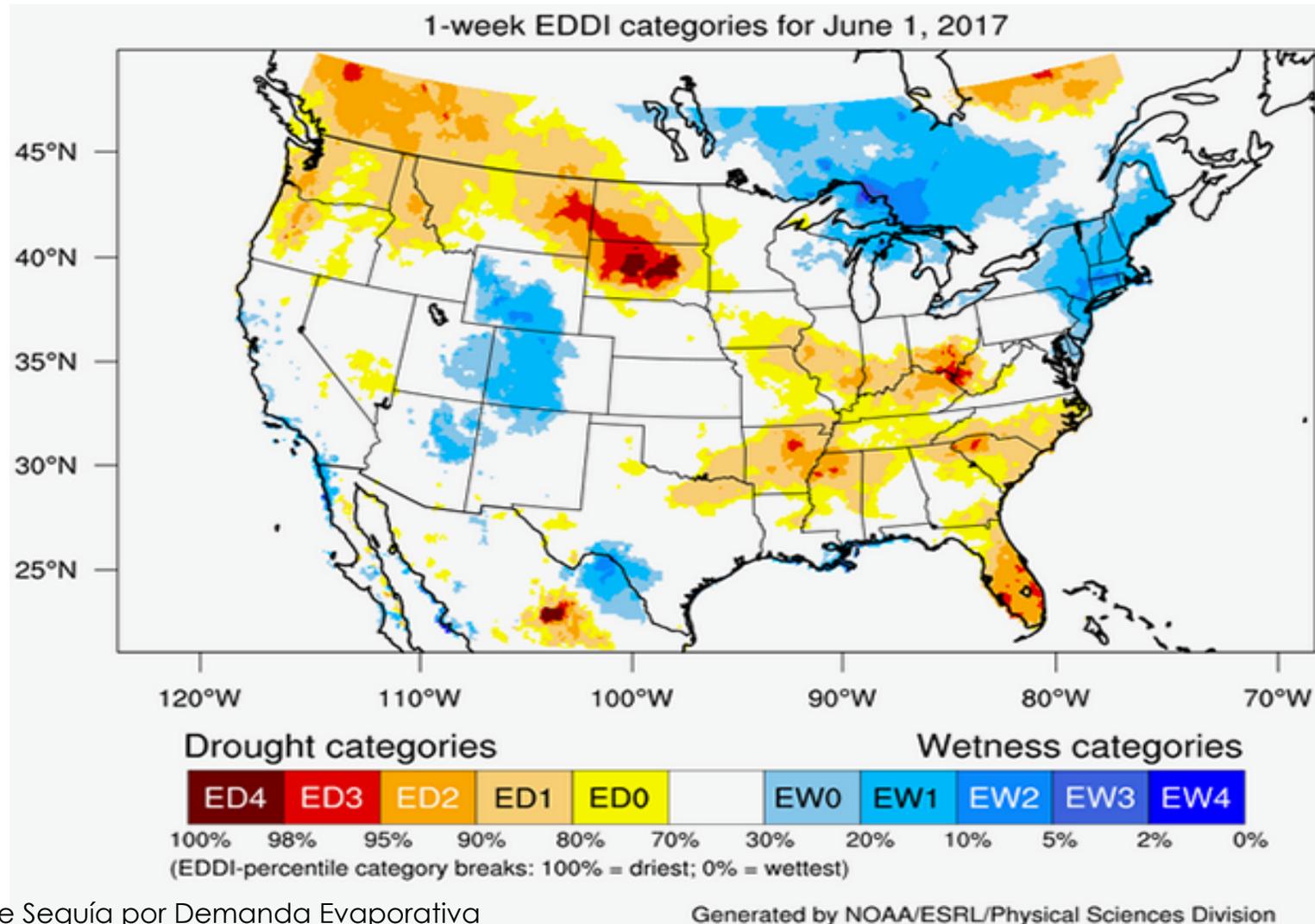
*Índice de Sequía por Demanda Evaporativa

NASA's Applied Remote Sensing Training Program



Evaporative Drought Demand Index* (EDDI)

<https://www.esrl.noaa.gov/psd/eddi/>



*Índice de Sequía por Demanda Evaporativa

NASA's Applied Remote Sensing Training Program



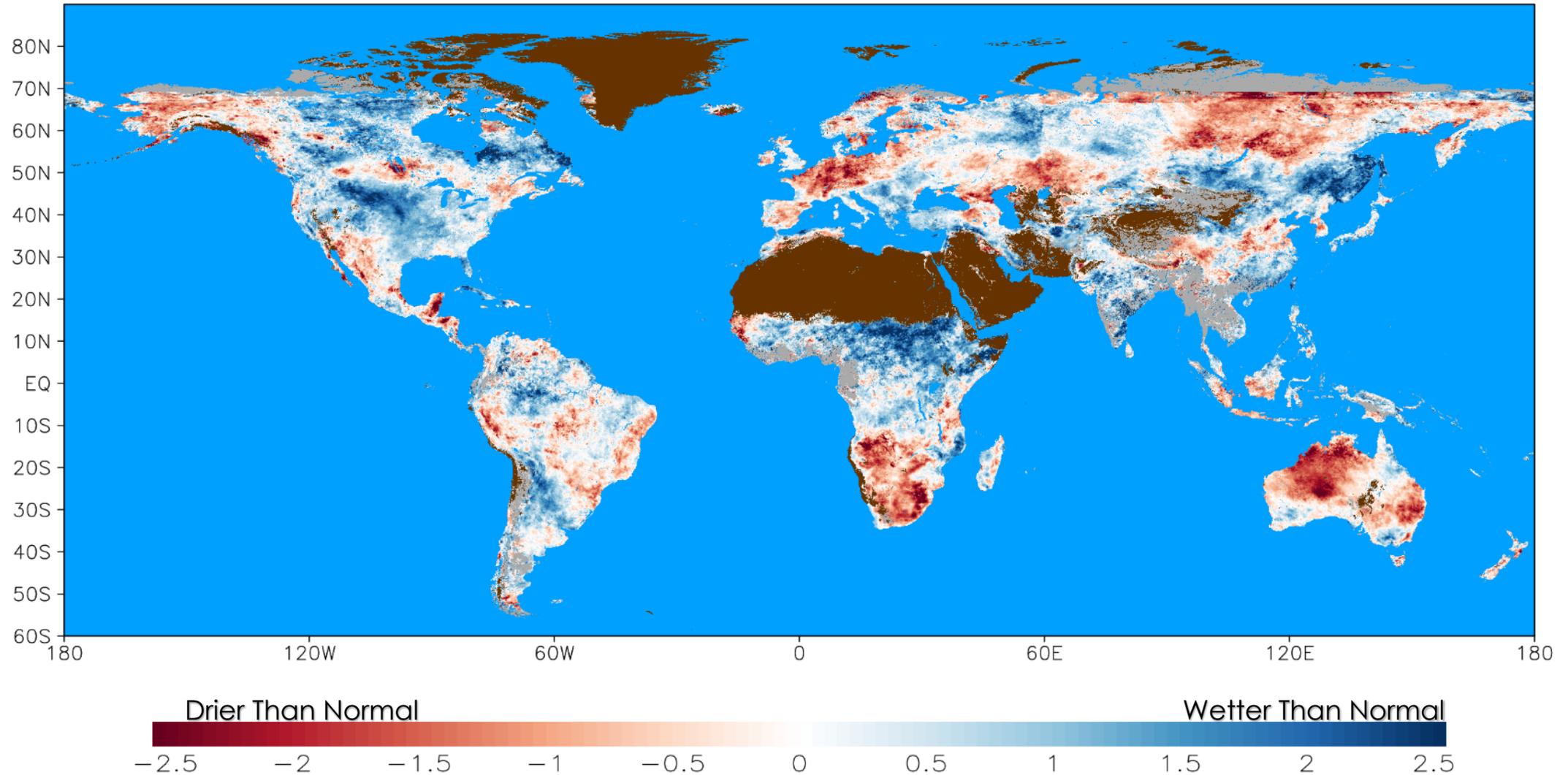
Evaporative Stress Index* (ESI)

El ESI de ALEXI representa anomalías temporales en la relación entre ET real y ET potencial.

- El ESI no requiere datos de precipitaciones, **el estado actual de la humedad de la superficie se deduce directamente de la LST remotamente detectada**. Por lo tanto, puede que sea más robusto en regiones con monitoreo in situ de la precipitación mínimo.
- Las firmas del estrés en la vegetación se registran en la señal de la LST antes de que ocurra cualquier deterioro de la cobertura vegetal, por ejemplo como se indica en el NDVI, así que las índices de base infrarroja térmica como el ESI pueden dar una señal de alerta temprana eficaz de una sequía agrícola próxima.
- El ESI de ALEXI intrínsecamente incluye señales de humedad no relacionada con la precipitación (como irrigación, vegetación enraizada en aguas subterráneas y flujos laterales) que necesitan modelarse a priori en esquemas de LSMs de pronósticos.



Evaporative Stress Index* (ESI)



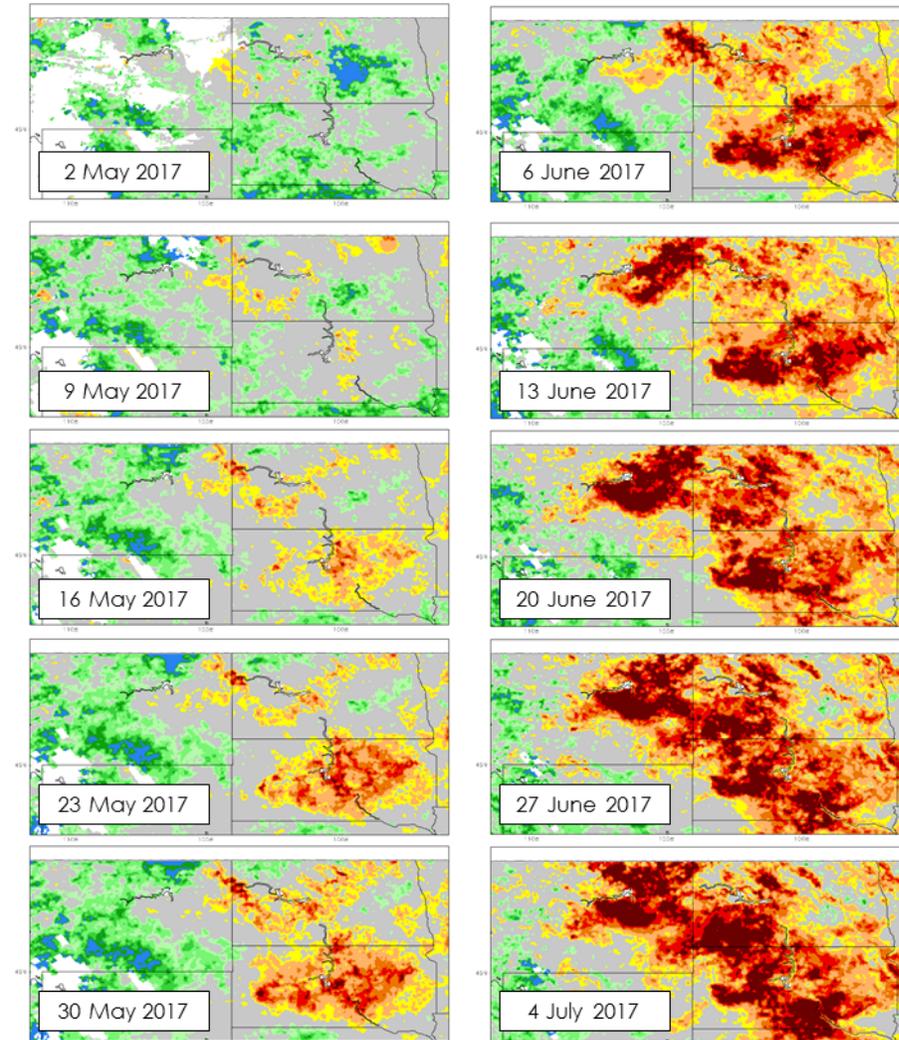
*Índice de Estrés Evaporativo
NASA's Applied Remote Sensing Training Program



ESI y “Sequías Repentinas”

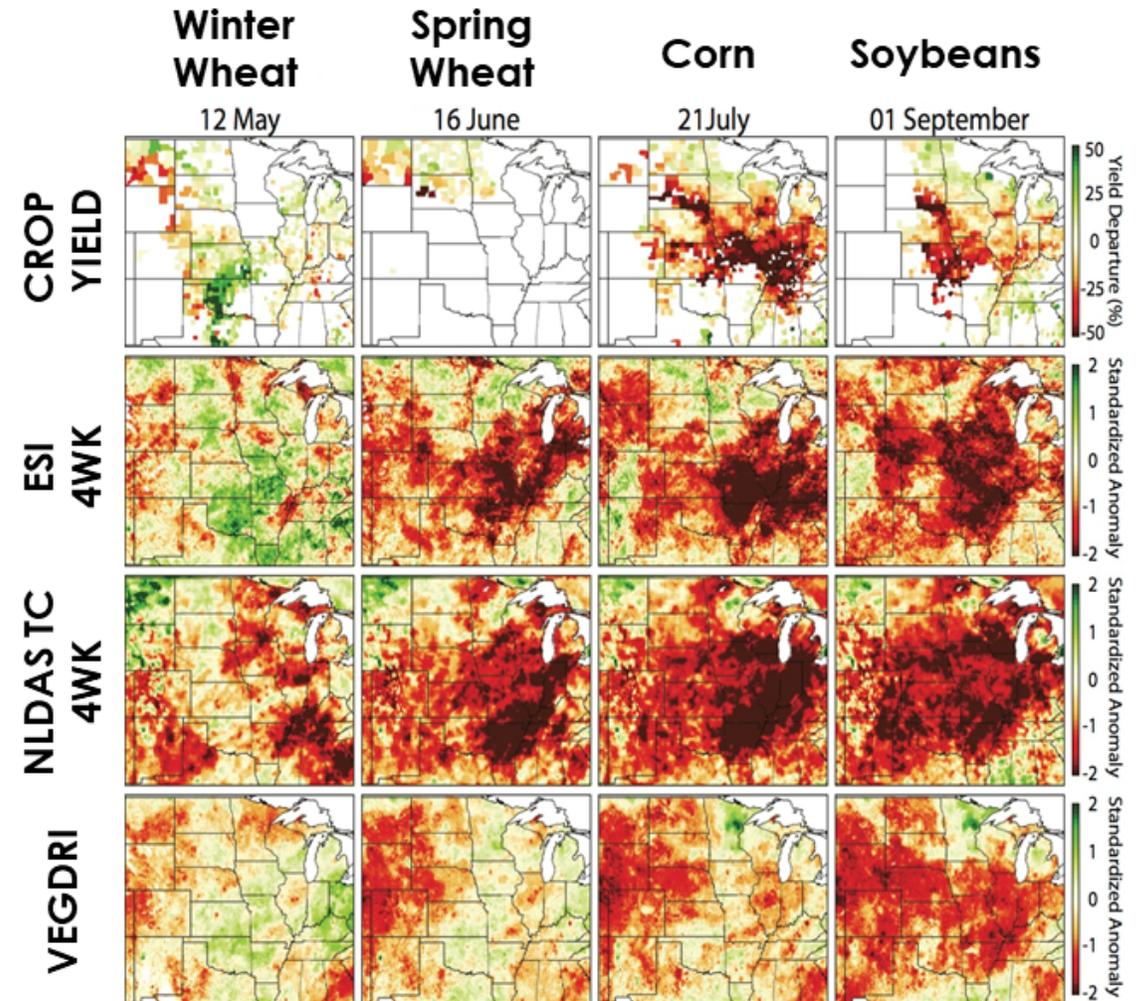
Las sequías repentinas son eventos de inicio rápido típicamente impulsados por:

- 1) Déficits de precipitación
 - 2) Grandes anomalías de temperatura
 - 3) Vientos fuertes
 - 4) Radiación solar entrante anómala
- El ESI tiene el potencial de brindar una alerta temprana de este tipo de eventos, ya que el estrés hidrológico se puede detectar en la señal de la LST antes de que haya algún deterioro en la salud de la vegetación.
 - Puede lograr esto mientras brinda información sobre el estrés real de la vegetación y no solo la potencialidad de estrés en la vegetación (p.ej., indicadores de sequía basados en la evapotranspiración potencial o PET).



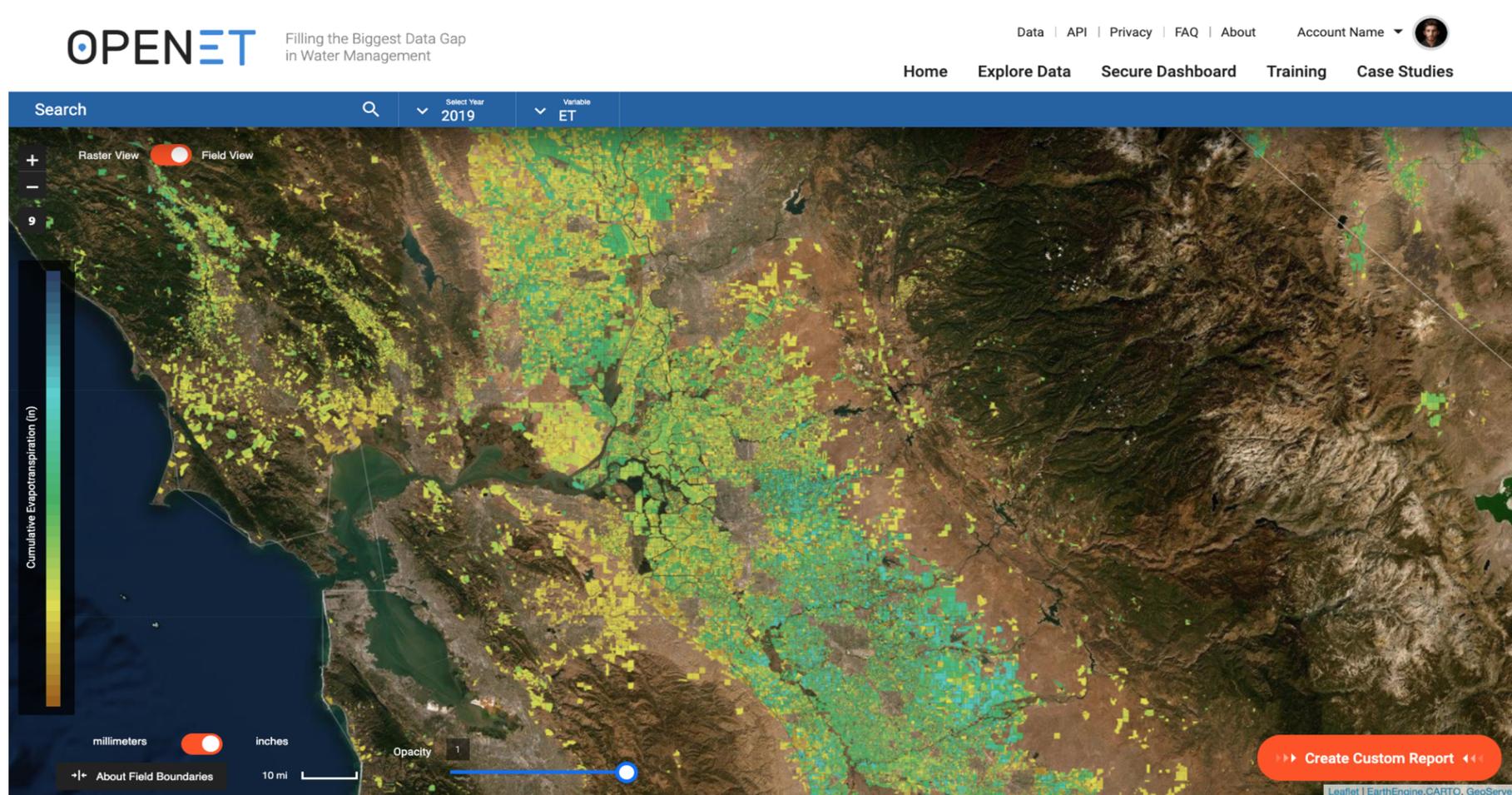
El ESI y la Predicción de Anomalías de Rendimiento de Cultivos

- Analiza condiciones de sequía durante etapas críticas de los cultivos
- Existe una relación estrecha entre el rendimiento de trigo y el ESI y el VegDRI durante etapas críticas para los cultivos
- NLDAS tiene una relación fuerte (débil) con el rendimiento de maíz/soya (trigo)
- El ESI tuvo la mayor correlación con las desviaciones de las predicciones de rendimiento de trigo, soya y maíz



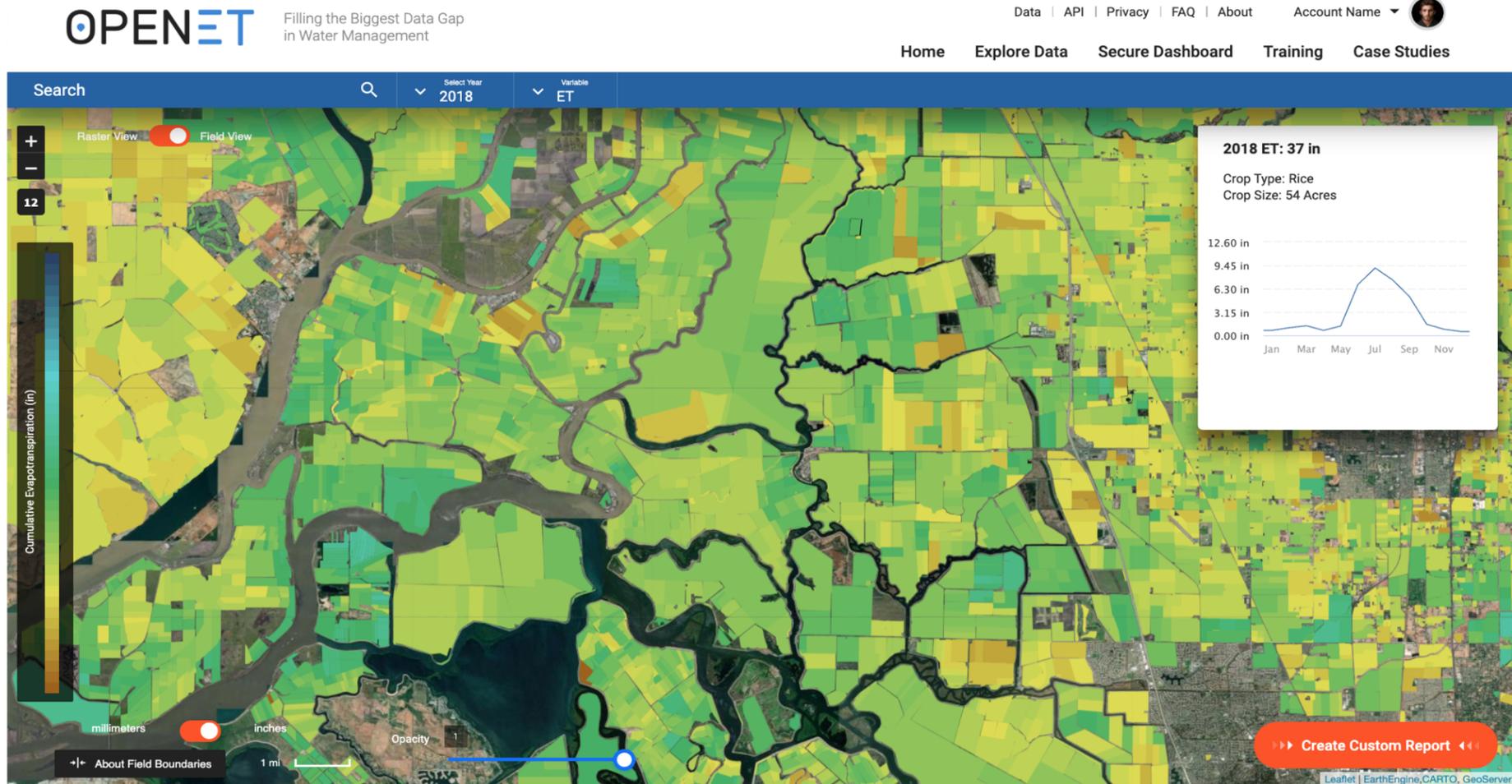
OpenET: Un Sistema de Monitoreo de la ET en base a Google Earth Engine

<https://etdata.org/>



OpenET: Un Sistema de Monitoreo de la ET en base a Google Earth Engine

<https://etdata.org/>



Sesión de Preguntas y Respuestas

- Por favor envíe sus preguntas en la casilla para preguntas y respuestas (Q&A).
- Publicaremos las preguntas y respuestas en la página web de la capacitación después de la conclusión del curso:

<https://arset.gsfc.nasa.gov/water/webinars/remote-sensing-for-agriculture-20>

Contactos:

- Christopher Hain: christopher.hain@nasa.gov
- Sean McCartney: sean.mccartney@nasa.gov
- Amita Mehta: amita.v.mehta@nasa.gov

